Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 71-85

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 85-71

اثر آرایش کاشت و سطوح مختلف نیتروژن بر کارآیی مصرف نیتروژن، عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی رقم کارون (*Solanum lycopersicum* L. Var. Karoon)

بهرام بهزادی[1]، عباس بیابانی[2*]، مختار زلفی باوریانی[3]، علی راحمی کاریزکی[4] و حسین حسینی‌مقدم[4]

تاریخ دریافت: 1398/01/03
تاریخ پذیرش: 1398/02/25

بهزادی، ب.، بیابانی، ع.، زلفی باوریانی، م.، راحمی کاریزکی، ع. و حسینی‌مقدم، ح. 1399. اثر آرایش کاشت و سطوح مختلف نیتروژن بر کارآیی مصرف نیتروژن، عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی رقم کارون (*Solanum lycopersicum* L. var. Karoon). بوم‌شناسی کشاورزی، 12 (1): 85-71.

چکیده

به‌منظور تعیین مناسب‌ترین آرایش کاشت و مقدار مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی رقم کارون (*Solanum lycopersicum* L.)، دو آزمایش جداگانه در دو مکان در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بنداروز و ایستگاه تحقیقات سعدآباد استان بوشهر در سال زراعی 97- 1396 به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. دو آرایش کاشت (یک‌طرفه و دوطرفه نوار آبیاری) به‌عنوان عامل کرت اصلی و چهار سطح نیتروژن (بدون کود، 90، 180 و 270 کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان عامل کرت فرعی مد نظر قرار گرفتند. صفات مورد بررسی شامل عملکرد کل میوه تازه، عملکرد قابل فروش میوه، تعداد میوه کل و قابل فروش در بوته، وزن میوه، شاخص شکل میوه، سفتی میوه، عدد کلروفیل‌متر و کارآیی مصرف نیتروژن بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل آرایش کاشت در سطوح نیتروژن بر صفات عملکردهای کل، عملکرد قابل فروش میوه، تعداد کل میوه در بوته، عدد کلروفیل‌متر و سفتی میوه اثر معنی‌دار داشت. بیشترین و کمترین مقدار عملکرد کل و عملکرد قابل فروش میوه به‌ترتیب از تیمارهای روش کاشت یک‌طرفه×کاربرد 180 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (54/08 و 46/50 تن در هکتار) و روش کاشت دوطرفه×عدم کاربرد کود نیتروژن (26/10 و 21/72 تن در هکتار) به‌دست آمد. با افزایش مصرف نیتروژن، کارآیی مصرف نیتروژن کاهش یافت. به‌طورکلی، حداکثر عملکرد در اثر کاربرد 180 کیلوگرم در هکتار نیتروژن در روش کاشت یک‌طرفه به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تعداد میوه، عدد کلروفیل‌متر، کاشت یک‌طرفه، کاشت دوطرفه

مقدمه

گوجه‌فرنگی با نام علمی (*Solanum lycopersicum* L.) یکی از گیاهان بسیار مهم از نظر اقتصادی و تغذیه‌ای می‌باشد که به‌طور وسیعی در جهان کشت می‌شود (Adigun et al., 2018; Asgedom et al., 2011). گوجه‌فرنگی دومین سبزی مهم در جهان پس از سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) شناخته می‌شود (Maerere et al., 2006)، و به‌طور گسترده‌ای به‌صورت تازه و یا فرآوری شده مصرف می‌شود (Van Dam et al., 2005). بر اساس گزارش سازمان خواروبار جهانی، در سال 2017 تولید جهانی گوجه‌فرنگی 182/3 میلیون تن بوده است و ایران با تولید 6/17 میلیون تن و 3/4 درصد از تولید جهانی، جایگاه ششم تولید

1- دانشجوی دکترای زراعت، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس و محقق بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران.
2 و 4- به‌ترتیب دانشیار و استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران.
3- استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: abs346@yahoo.com)
Doi:10.22067/jag.v12i1.79832

گوجه‌فرنگی دنیا را به خود اختصاص داده است (FAO, 2017). در استان بوشهر گوجه‌فرنگی به‌دلیل تولید خارج از فصل، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و بیشترین سطح زیر کشت در بین محصولات سبزی و صیفی را در استان دارا می‌باشد (Behzadi & Rakhshanderoo, 2014). در سال زراعی 96- 1395 سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی خارج از فصل در استان بوشهر 12500 هکتار بوده است و متوسط عملکرد میوه در حدود 42 تن در هکتار گزارش شده است (ASCY, 2018).

در استان بوشهر کشاورزان در کشت گوجه‌فرنگی از روش کاشت دوطرفه در اطراف نوار آبیاری قطره‌ای استفاده می‌کنند. در کشورهای توسعه‌یافته به‌دلیل کشت مکانیزه از روش کاشت یک‌طرفه در اطراف نوار آبیاری قطره‌ای استفاده می‌کنند. در ایران نیز در سال‌های اخیر در سطح محدود، کاشت مکانیزه توسط دستگاه نشاءکار گوجه‌فرنگی انجام شده است و این روند رو به افزایش می‌باشد. به نظر می‌رسد با توجه به هزینه‌های سرسام‌آور نیروی کارگری و سایر نهاده‌های کشاورزی حرکت به‌سمت کشاورزی مکانیزه اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

در بین عوامل مختلف مؤثر بر رشد گیاه، آرایش کاشت مطلوب نقش مهمی در کاهش رقابت درون‌گونه‌ای و تشکیل میوه ضعیف ایفا می‌کند. آرایش کاشت مناسب رقابت بین بوته‌ها برای دستیابی به مواد مغذی خاک را کاهش می‌دهد (Kanwar, 2016). عملکرد هر گیاه، حاصل رقابت برون و درون‌بوته‌ای، برای کسب عوامل محیطی و مدیریتی است. بدین ترتیب حداکثر عملکرد زمانی حاصل می‌شود که رقابت به حداقل رسیده و گیاه بتواند از عوامل محیطی موجود حداکثر استفاده را نماید (Gardner et al., 1985)، تعدادی از محققین گزارش نمودند که با کاهش فواصل بین بوته عملکرد کل گوجه‌فرنگی افزایش یافت (Azevedo et al., 2010; Muhammad & Singh, 2007). ستین و اویگان (Cetin & Uygan, 2008) با بررسی اثر فواصل بین ردیف (یک و دو متر) روی گوجه‌فرنگی گزارش کردند که بیشترین عملکرد میوه، در فاصله بین ردیف یک متر به‌دست آمد. در تحقیقی روی آرایش کاشت گوجه‌فرنگی در استان بوشهر گزارش شد که آرایش‌های کاشت 40 × 120 و 50 × 120 سانتی‌متر بیشترین عمکرد کل میوه و وزن تک‌میوه را به خود اختصاص دادند (Behzadi & Rakhshanderoo, 2014). در تحقیقی با بررسی آرایش‌های کاشت 30×60، 45×60 و 60×60 سانتی‌متر و سطوح نیتروژن (0، 75، 150 و 225 کیلوگرم در هکتار) روی گوجه‌فرنگی گزارش شد که اثر این عوامل بر تعداد میوه در بوته معنی‌دار بود و بیشترین تعداد میوه در بوته، از آرایش کاشت 60 × 60 و کاربرد 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌میزان 38/2 عدد به‌دست آمد. هم‌چنین بیشترین عملکرد کل از آرایش کاشت 45×60 و کاربرد 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد (Sharma, 2007). ممنوعی و دولت‌خواهی (Mamnoie & Dolatkhahi, 2013) با بررسی اثر فواصل روی ردیف (30، 40، 50 و 60 سانتی‌متر) بر خصوصیات کمّی و کیفی گوجه‌فرنگی گزارش کردند که شاخص شکل میوه با افزایش فاصله روی ردیف، افزایش یافت.

نظام‌های رایج کشاورزی برای حفظ و تقویت حاصلخیزی خاک به کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنی وابسته هستند (Tavakkoli Kakhki et al., 2018). تقاضای جهانی برای کود نیتروژن در سال 2018، در حدود 115/4 میلیون تن بوده است (FAO, 2019). نیتروژن نقش مهمی در عملکرد کمّی و کیفی گیاهان زراعی ایفا می‌کند و برای کارکرد مناسب اکوسیستم‌های زراعی ضروری است (Liang et al., 2019). تولید جهانی محصولات زراعی به‌طور معنی‌داری توسط دسترسی به آب و نیتروژن و سایر عوامل محدودکننده، محدود شده است (Mueller et al., 2012). افزایش کارایی مصرف نیتروژن نقش مهمی در توسعه کشاورزی پایدار ایفا می‌کند (Seyyedi & Rezvani Moghaddam, 2011). گوجه‌فرنگی واکنش خوبی به خاک‌های لومی شنی با مدیریت خوب و لومی رسی سنگین بدون لایه سخت دارد (Chernet et al., 2017). از آن‌جا که ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است، مقدار مواد آلی خاک‌های آن پایین بوده و اغلب گیاهان دچار کمبود نیتروژن می‌باشند و به این دلیل تأمین نیتروژن از طریق کودهای شیمیایی و آلی ضروری است (Malakouti & Homaee, 2004). تغذیه شیمیایی تأمین سریع‌تر مواد غذایی را برای گیاه فراهم می‌آورد، ولی در درازمدت سبب بروز آلودگی‌های محیط زیست و تخریب ساختمان خاک می‌شود (Ghasemi et al., 2016).

خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان اغلب در واکنش به میزان دسترسی به منابع کودی به‌خصوص کود نیتروژن، دچار تغییر می‌شود. یکی از نقش‌های فیزیولوژیک نیتروژن تأثیر آن بر فتوسنتز می‌باشد (Faraji et al., 2011). عملکردهای محصولات به‌طور کلی، با استفاده از نیتروژن و مقادیر بالاتری از این عنصر که اغلب

برای دستیابی به عملکرد بیشتر ضروری است، افزایش می‌یابد (Badr et al., 2012). نتایج متعددی در مورد نیاز گوجه‌فرنگی به کود نیتروژن در محدوده 100 تا 224 کیلوگرم در هکتار وجود دارد (Hartz & Bottoms, 2009; Zotarelli et al., 2009). اختلاف گسترده بین داده‌ها می‌تواند به‌دلیل تغییرپذیری زیاد ناشی از عوامل مدیریت محیطی و گیاه زراعی، از یک مکان به مکان دیگر و تنوع ژنتیکی بین واریته‌های مختلف مربوط باشد. نتایج برخی از گزارش‌ها روی بادمجان (*Solanum melongema* L.) و گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) نشان داد که اثر متقابل روش کاشت × سطح نیتروژن برای بیشتر اجزای عملکرد معنی‌دار بود و کارآیی مصرف نیتروژن در کاشت یک‌طرفه در مقایسه با کاشت دوطرفه بیشتر بود (Aujla et al., 2007; Badr et al., 2016). گیاهان کشت شده در ردیف‌های باریک‌تر (کشت یک‌طرفه) دارای ریشه‌های عمیق‌تری نسبت به گیاهان کشت شده در ردیف‌های پهن‌تر (کاشت دوطرفه) بودند، بنابراین گیاهان کاشته شده در ردیف‌های با فاصله کم، با افزایش جذب نیتروژن، تلفات نیتروژن را کاهش داده و باعث افزایش کارآیی مصرف نیتروژن شدند (Sharratt & McWilliams, 2005). هم‌چنین کارآیی مصرف نیتروژن به‌طور مداوم با افزایش سطح موجودی نیتروژن در همه روش‌های کاشت، کاهش یافت.

در خصوص بررسی اثر دامنه مناسب کود نیتروژن بر روی گیاهان مختلف، برخی از محققان شامل زینگ و همکاران (Xing et al., 2015) و وانگ و همکاران (Wang et al., 2019) روی گوجه‌فرنگی، یو و همکاران (Yue et al., 2015) روی خربزه (*Cucumis melo* L.) و یان و همکاران (Yan et al., 2009) روی خیار (*Cucumis sativa* L.) آزمایش‌هایی را انجام دادند و گزارش کردند که با افزایش کاربرد کود نیتروژن تا حد مورد نیاز برای هر گیاه، عملکرد افزایش پیدا کرد، ولی مصرف بیشتر از حد مورد نیاز گیاه عملکرد را کاهش داد. رسول و حبیب (Rasool & Habeeb, 2016) با مطالعه اثر نیتروژن روی رشد و ارزش تغذیه‌ای میوه در ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی گزارش کردند که با افزایش مقدار نیتروژن، سفتی میوه کاهش یافت. روند کاهش سفتی میوه در اثر افزایش مقادیر نیتروژن به نقش نیتروژن در ساخت آنزیم‌های پروپکتیناز نسبت داده شد.

یکی از عوامل مهم جهت تعیین مقدار نیتروژن در گیاهان، شاخص کلروفیل در برگ می‌باشد؛ زیرا این عنصر به‌طور مستقیم در ساخت رنگیزه‌ها مشارکت می‌کند، مقدار کلروفیل همبستگی مثبتی با مقدار نیتروژن دارد (Souza et al., 2016). برخی از گزارش‌ها نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن، شاخص کلروفیل افزایش یافت (Freitas et al., 2018). این مطالعه به‌منظور دست‌یابی به آرایش کاشت مناسب منطقه در راستای گسترش کشاورزی مکانیزه و سطح بهینه کود نیتروژن و اثرات برهم‌کنش این عوامل بر عملکرد و اجزای عملکرد در گوجه‌فرنگی به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 97-1396 به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو مکان به اجرا در آمد. به‌ترتیب مکان‌ها شامل مکان اول، مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی برازجان با موقعیت جغرافیایی 29 درجه و 12 دقیقه و 16 ثانیه عرض شمالی و 51 درجه و 15 دقیقه و 11 ثانیه طول شرقی، و ارتفاع 110 متر از سطح دریا بود. مکان دوم، مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات سعدآباد با موقعیت جغرافیایی 29 درجه و 23 دقیقه و 10 ثانیه عرض شمالی و 51 درجه و 5 دقیقه و 45 ثانیه طول شرقی، و ارتفاع 50 متر از سطح دریا بود. اطلاعات هواشناسی دو منطقه در جدول 1 آورده شده است.

دو آرایش کاشت (یک‌طرفه و دوطرفه و چهار سطح کود نیتروژن (صفر، 90، 180 و 270 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) از منبع اوره به‌ترتیب به‌عنوان عامل کرت اصلی و عامل کرت فرعی مد نظر قرار گرفتند. قبل از کاشت عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق، دیسک و ماله انجام شد. جوی و پشته‌ها بر اساس نوع کاشت یک‌طرفه یا دوطرفه با فاصله ردیف‌های مورد نظر (125 و 200 سانتی‌متر) ایجاد شدند. عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و عناصر کم‌مصرف بر اساس آزمون خاک و توصیه بخش تحقیقات آب و خاک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر در همه کرت‌ها به‌صورت یکسان در داخل جوی و زیر محل استقرار نوارهای آبیاری قبل از انتقال نشاء مصرف شد. کودهای مصرفی شامل فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل (150 کیلوگرم در هکتار)، پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (200 کیلوگرم در هکتار) و عناصر میکرو شامل روی، منگنز و مس از منابع سولفات روی، منگنز و مس (12، 15 و هفت کیلوگرم در هکتار)، آهن از منبع کلات آهن (10 کیلوگرم در هکتار) بودند. کود نیتروژنه بر اساس سطوح تیمار کودی در 10 نوبت تا زمان چین دوم گوجه‌فرنگی مصرف شد. خصوصیات

فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول 2 آمده است. خاک در ایستگاه برازجان دارای بافت متوسط و در ایستگاه تحقیقات سعدآباد دارای بافت شنی بود، در هر دو مکان ماده آلی زیر یک درصد بود (جدول 2).

جدول 1- وضعیت آب‌وهوایی مناطق بنداروز و سعدآباد در طول دوره رشد گوجه‌فرنگی در سال زراعی 97-1396

Table 1- Climatic situation of tomato during entire growth period in Bondarooz and Saadabad regions in growing season 2017-2018

ماه‌های رشد Growth seasons	دما Temperature (°C) دمای بیشینه T_{max}		دمای کمینه T_{min}		دمای میانگین T_{mean}		رطوبت نسبی Relative humidity (%)	
	بنداروز Bondarooz	سعدآباد Saadabad	بنداروز Bondarooz	سعدآباد Saadabad	بنداروز Bondarooz	سعدآباد Saadabad	بنداروز Bondarooz	سعدآباد Saadabad
مهر October	42.2	38.9	15.6	22.7	28.7	33	25.3	23.2
آبان November	35.7	29.1	8.4	16.9	20.9	24.2	55.2	47
آذر December	29.9	25.2	4.1	11.9	16	20	63.3	47.5
دی January	26.8	22.9	3.2	10.8	14	17.9	55.7	41.7
بهمن February	33.8	25.6	2.5	13.4	17.4	20.8	57.4	45.5
اسفند March	40.5	32.5	9.5	15.8	22.6	26.3	37.3	31.1
فروردین April	40.8	34.3	12.7	20.1	25.7	29	38	34
اردیبهشت May	44.4	39.7	18.8	24.4	31	34.5	25.9	25
میانگین Mean	36.7	31	9.3	17	22	25.7	44.8	36.9

جدول 2- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در دو منطقه بنداروز و سعدآباد

Table 2- Some of physical and chemical properties of the soil at Borazjan and Saadabad regions

مکان Location	عمق Depth (cm)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	فسفر قابل دسترس P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل دسترس P ($mg.kg^{-1}$	واکنش pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)
بنداروز Bondarooz	0-30	0.035	0.35	6	135	7.8	4.9	67	25	8
سعدآباد Saadabad	0-30	0.017	0.17	2.56	45	7.9	2.64	85	7	8

به‌منظور تولید نشاء، بذرهای رقم کارون در سینی‌های کشت یونولیتی 216 حفره‌ای در گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر کشت شدند، حجم هر حفره 50 سانتی‌متر مکعب بود. عملیات زراعی شامل آبیاری، کودپاشی، کنترل آفات و بیماری‌ها تا زمان انتقال نشاء گوجه‌فرنگی در گلخانه انجام شد. نشاءهای گوجه‌فرنگی پس از 42 روز در مرحله چهار تا پنج‌برگی در طول نوارهای آبیاری قطره‌ای در هشت آبان ماه 1396 در هر دو مزرعه با آرایش کاشت 40 × 125 در کاشت یک‌طرفه و 50 × 200 سانتی متر در کاشت دوطرفه کشت شدند. طول ردیف‌های کاشت در تمامی تیمارها پنج متر بود. عملیات داشت شامل کوددهی،

وجین علف‌های هرز، مبارزه با آفات و بیماری‌ها، کودپاشی، خاک‌دهی بوته‌ها و آبیاری به‌روش قطره‌ای نواری بود. آبیاری با توجه به شرایط آب‌وهوایی و نیاز گیاه به‌طور منظم در زمان مناسب و به‌تعداد 18 بار انجام شد. عملکرد میوه طی پنج چین از تاریخ 96/11/30 تا 97/2/29 برداشت شد.

صفات مورد بررسی شامل عملکرد کل و قابل فروش میوه، تعداد میوه کل و قابل فروش، وزن میوه، شاخص شکل میوه، سفتی میوه، عدد کلروفیل‌متر و کارآیی مصرف نیتروژن بودند. تعداد برداشت‌ها پنج چین بود. پس از برداشت میوه در هر چین عملکرد کل و قابل فروش میوه، تعداد میوه کل و قابل فروش در بوته، وزن میوه، عملکرد تک‌بوته محاسبه و اندازه‌گیری شد. میوه قابل فروش یا بازارپسند، میوه‌ای است که قابل فروش در بازار باشد و لهیدگی، آفت‌زدگی و بدشکلی نداشته باشد. جهت اندازه‌گیری عملکرد قابل فروش در هر کرت میوه‌های لهیده، آفت‌زده و بدشکل جدا شده و حذف شدند و میوه‌های باقی‌مانده با قابلیت فروش در بازار وزن شدند و عملکرد میوه قابل فروش به‌دست آمد. برای تعیین شاخص کلروفیل از دستگاه کلروفیل‌متر دستی شرکت مینولتای ژاپن مدل اسپد-52 استفاده شد. آزمون سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه پنترومتر مدل FT-011 با نوک میله نفوذکنندهٔ هشت میلی‌متری، از دو سمت مقابل هم و پس از برداشتن پوست میوه انجام شد. سفتی بافت بر اساس بیشترین نیروی لازم برای نفوذ نوک میله در میوه برحسب نیوتن بیان شد (Shokrallah et al., 2016). برای تعیین شاخص شکل میوه از هر کرت آزمایش، 10 میوه به‌طور تصادفی انتخاب شد. سپس طول و قطر میوه با کولیس دیجیتال مدل دیجیتال کاپیلار ساخت کشور چین اندازه‌گیری شد و نسبت طول به قطر (شاخص شکل میوه) در چین دوم از طریق معادله 1 محاسبه شد (Adel et al., 2016):

معادله (1) شاخص شکل میوه $(L/D) = (L) / (D)$

در این معادله، L: طول میوه و D: قطر میوه هستند.

کارآیی مصرف نیتروژن توسط معادله 2 تعیین گردید (Badr et al., 2016):

معادله (2) $NUE = (Y_t - Y_0) / N$

در این معادله، Y_t: عملکرد کل میوه تحت تیمار نیتروژن، Y_0: عملکرد کل میوه تحت شاهد بدون نیتروژن و N: نیتروژن مصرفی می‌باشد. تمام اجزای معادله بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشند و کارآیی مصرف نیتروژن بر حسب کیلوگرم بر کیلوگرم گزارش می‌شود.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9/1 و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد کل و قابل فروش

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو مکان آزمایش نشان داد که اثر مکان، آرایش کاشت و سطوح نیتروژن بر صفات عملکردهای کل، قابل فروش و بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). تجزیه واریانس ساده هر مکان نشان داد که تنها در منطقه بنداروز برهم‌کنش آرایش کاشت در سطوح نیتروژن بر عملکردهای کل و قابل فروش در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جداول 4 و 5).

در بین مکان‌ها بیشترین عملکرد کل و قابل فروش میوه به‌ترتیب با 60/21 و 52/22 تن در هکتار از منطقه بنداروز و کمترین عملکردهای ذکر شده به‌ترتیب با 20/05، 16/25 تن در هکتار و یک کیلوگرم در بوته از منطقه سعدآباد به‌دست آمد (جدول 6). مقایسه میانگین اثر آرایش کاشت بیانگر برتری تیمارهای عملکرد در کاشت یک‌طرفه نسبت به دوطرفه بود. یکی از دلایل این برتری می‌تواند فاصله بین بوته کمتر در کاشت یک‌طرفه نسبت به دوطرفه باشد. نتایج به‌دست آمده با نتایج آزودو و همکاران (Azevedo et al., 2010) و محمد و سینگ (Muhammad & Singh, 2007) هم‌خوانی دارد.

در طراحی سیستم‌های کاشت بر اساس آبیاری قطره‌ای نواری باید عواملی مانند فواصل بوته، پوشش کانوپی بوته، بافت خاک و توپوگرافی مد نظر قرار بگیرند (Cetin & Uygan, 2008). در بین سطوح نیتروژن، با افزایش مصرف نیتروژن تا 180 کیلوگرم در هکتار، عملکرد افزایش و با افزایش میزان کود به 270 کیلوگرم در هکتار، روند کاهشی نشان داد. نتایج به‌دست آمده با نتایج آزمایش‌های زینگ و همکاران (Xing et al., 2015) و وانگ و همکاران (Wang et al., 2019)، یو و همکاران (Yue et al., 2015) و یان و همکاران (Yan et al., 2009) هم‌خوانی داشت. هم‌چنین اثر برهم‌کنش آرایش کاشت در سطوح نیتروژن بر عملکرد کل در سطح یک درصد و روی عملکرد قابل فروش در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 3).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) اثر آرایش کاشت و سطوح مختلف نیتروژن بر برخی از صفات زراعی گوجه‌فرنگی رقم کارون در دو مکان در سال زراعی ۹۷- ۱۳۹٦

Table 3- Combined analysis of variance (mean of squares) for effects of planting pattern and different nitrogen levels on some agronomic traits of tomato cv. Karoon in two locations in cropping season (2017-2018)

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	عملکرد کل میوه Total fruit yield	عملکرد قابل فروش میوه Marketable fruit yield	تعداد کل میوه Total fruit number	تعداد قابل فروش میوه Marketable fruit number	وزن میوه Fruit weight	شاخص شکل میوه Fruit shape index	قرائت کلروفیل‌متر Chlorophyll index	سفتی میوه Fruit firmness
مکان Location (L)	1	19358.084**	15529.221**	233.108*	146.881ns	40380.760**	0.057*	512.867**	0.213 ns
تکرار (مکان) Rep./ L	4	42.561ns	35.682ns	26.230ns	19.043ns	130.069ns	0.011ns	3.632 ns	0.284 ns
آرایش کاشت Planting pattern(PP)	1	1259.705**	959.539**	437.628**	309.403*	754.778 ns	0.001ns	1.802 ns	6.307**
L× PP	1	433.213*	290.757 ns	2.845 ns	1.758ns	198.942 ns	0.012ns	11.117 ns	0.003ns
خطای (الف) Error a	4	62.807	49.468	30.906	24.516	194.277	0.005	9.576	0.289
نیتروژن Nitrogen (N)	3	879.410**	704.084**	433.986**	348.281**	274.166 ns	0.017**	777.142**	5.558**
L× N	3	97.488**	85.118**	93.303**	64.080*	46.923ns	0.001ns	65.516**	0.237ns
PP× N	3	108.658**	70.327 *	65.569*	40.298 ns	260.194 ns	0.009ns	16.061*	1.668**
L×N×PP	3	189.952**	99.900**	80.164**	50.801*	228.959ns	0.011**	25.321**	0.033 ns
خطای (ب) Error b	24	22.615	18.067	17.750	14.660	116.649	0.003	4.584	0.214
ضریب تغییرات C.V. (%)		11.85	12.42	16.03	16.69	13.94	5.12	4.24	8.27

ns، *و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر آرایش کاشت و سطوح مختلف نیتروژن بر برخی از صفات زراعی گوجه‌فرنگی رقم کارون در منطقه بنداروز در سال زراعی ۹۷- ۱۳۹٦

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for effects of planting pattern and different nitrogen levels on some agronomic traits of tomato cv. Karoon in Bondarooz region in cropping season 2017-2018

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares							
		عملکرد کل میوه Total fruit yield	عملکرد قابل فروش میوه Marketable fruit yield	تعداد کل میوه Total fruit number	تعداد قابل فروش میوه Marketable fruit number	وزن میوه Fruit weight	شاخص شکل میوه Fruit shape index	قرائت کلروفیل‌متر Chlorophyll index	سفتی میوه Fruit firmness
تکرار Rep	2	85.060^{ns}	66.577^{ns}	30.170^{ns}	18.610^{ns}	236.695^{ns}	0.002^{ns}	7.155^{ns}	0.428^{ns}
آرایش کاشت Planting pattern (PP)	1	1585.188^{ns}	1153.346^{ns}	184.954^{ns}	132.258^{ns}	864.360^{ns}	0.004^{ns}	10.935^{ns}	3.010*
خطای (الف) Error a	2	103.588	89.759	14.480	12.601	384.585	0.001	18.844	0.075
نیتروژن Nitrogen (N)	3	745.862**	614.599**	80.257**	68.570**	188.681^{ns}	0.007**	206.308**	2.372**
PP× N	3	283.528**	164.900**	126.815**	79.716**	468.067^{ns}	0.002^{ns}	16.815*	0.953*
خطای (ب) Error b	12	30.344	23.453	15.652	14.165	203.199	0.001	3.955	0.290
ضریب تغییرات C.V. (%)		9.15	9.27	13.89	15.25	13.93	2.67	4.21	9.74

ns، *و**: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر آرایش کاشت و سطوح مختلف نیتروژن بر برخی از صفات زراعی گوجه‌فرنگی رقم کارون در منطقه سعدآباد در سال زراعی ۹۷- ۱۳۹۶

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) for effects of planting pattern and different nitrogen levels on some agronomic traits of tomato cv. Karoon in Saadabad region in cropping season 2017-2018

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares							
		عملکرد کل میوه Total fruit yield	عملکرد قابل فروش میوه Marketable fruit yield	تعداد کل میوه Total fruit number	تعداد میوه قابل فروش Marketable fruit number	وزن میوه Fruit weight	شاخص شکل میوه Fruit shape index	قرائت کلروفیل‌متر Chlorophyll index	سفتی میوه Fruit firmness
تکرار Rep	2	0.062^{ns}	4.788^{ns}	22.291^{ns}	19.477^{ns}	23.443^{ns}	0.019^{ns}	0.108^{ns}	0.140^{ns}
آرایش کاشت Planting pattern (PP)	1	107.730^{ns}	96.950^{ns}	255.519^{ns}	178.902^{ns}	89.359^{*}	0.009^{ns}	1.984^{ns}	3.300^{ns}
خطای (الف) Error a	2	22.027	9.176	47.332	36.432	3.969	0.008	0.309	0.502
نیتروژن Nitrogen (N)	3	231.036^{**}	174.604^{**}	447.032^{**}	343.791^{**}	132.407^{*}	0.011^{ns}	636.350^{**}	3.424^{**}
PP× N	3	15.081^{ns}	5.327^{ns}	18.919^{ns}	11.382^{ns}	21.086^{ns}	0.017^{ns}	24.567^{*}	0.748^{**}
خطای (ب) Error b	12	14.885	12.680	19.847	15.154	30.099	0.006	5.213	0.138
ضریب تغییرات C.V. (%)		19.25	21.92	18.50	18.37	11.32	6.55	4.24	6.56

ns، *و**: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ٦- مقایسه میانگین برخی صفات زراعی گوجه‌فرنگی رقم کارون در سطوح مختلف آرایش کاشت، نیتروژن و برهم‌کنش بین آن‌ها در دو مکان

Table 6- Mean comparison of some agronomic traits of tomato cv. Karoon for different planting pattern, nitrogen and their interaction in two locations

فاکتور Factor		عملکرد کل میوه Total fruit yield (t.ha^{-1})	عملکرد قابل فروش Marketable fruit yield (t.ha^{-1})	تعداد کل میوه Total fruit number (No.plant^{-1})	تعداد قابل فروش میوه Marketable fruit number (No.plant^{-1})	وزن میوه Fruit weight (g)	شاخص شکل میوه Fruit shape index	سفتی میوه Fruit firmness (lb)	قرائت کلروفیل‌متر Chlorophyll index	کارآیی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency (kg.kg^{-1})
مکان Location										
بنداروز Bondarooz		60.21^{a}*	52.22^{a}	28.48^{a}	24.68^{a}	106.46^{a}	1.09^{b}	5.53^{a}	47.26^{b}	142.73
سعدآباد Saadabad		20.05^{b}	16.25^{b}	24.08^{b}	21.19^{a}	48.45^{b}	1.16^{a}	5.66^{a}	53.80^{a}	75.96
					آرایش کاشت Planting pattern					
یک‌طرفه Single row		45.25^{a}	38.71^{a}	29.30^{a}	25.47^{a}	81.42^{a}	1.11^{a}	5.23^{b}	50.72^{a}	148.27
دوطرفه Twin row		35.00^{b}	29.76^{b}	23.26^{b}	20.40^{b}	73.49^{a}	1.12^{a}	5.96^{a}	50.33^{a}	70.42
					نیتروژن Nitrogen					
N_0		27.78^{c}	23.32^{c}	17.47^{b}	15.06^{b}	70.63^{b}	1.09^{b}	5.26^{c}	39.53^{d}	-
N_{90}		41.54^{b}	34.79^{b}	28.53^{a}	24.43^{a}	78.29^{ab}	1.10^{b}	6.42^{a}	50.03^{c}	152.95
N_{180}		47.26^{a}	40.59^{a}	31.04^{a}	27.25^{a}	79.16^{ab}	1.18^{a}	4.87^{d}	54.39^{b}	115.26
N_{270}		43.93^{ab}	38.25^{a}	28.08^{a}	25.00^{a}	81.73^{a}	1.11^{b}	5.83^{b}	58.16^{a}	59.83
					PP×N					
یک‌طرفه Single row	N_0	29.46^{de}	24.91^{cd}	18.44^{d}	15.98^{e}	77.35^{abc}	1.12^{abcd}	5.40^{c}	41.02^{e}	-
	N_{90}	49.87^{ab}	41.74^{a}	33.02^{ab}	28.18^{ab}	78.97^{ab}	1.11^{bcd}	5.68^{c}	50.87^{d}	226.82
	N_{180}	54.08^{a}	46.50^{a}	36.57^{a}	31.71^{a}	78.57^{ab}	1.16^{ab}	4.52^{d}	53.78^{c}	150.84
	N_{270}	47.59^{b}	41.67^{a}	29.17^{bc}	26.02^{bc}	90.78^{a}	1.08^{d}	5.33^{c}	57.22^{ab}	67.14
دوطرفه Twin row	N_0	26.10^{e}	21.72^{d}	16.50^{d}	14.14^{e}	63.90^{c}	1.07^{d}	5.12^{c}	38.05^{f}	-
	N_{90}	33.21^{d}	27.84^{c}	24.04^{c}	20.68^{d}	77.62^{abc}	1.08^{cd}	7.17^{a}	49.18^{d}	79.07
	N_{180}	40.44^{c}	34.67^{b}	25.51^{c}	22.79^{cd}	79.75^{ab}	1.19^{a}	5.22^{c}	55.00^{bc}	79.68
	N_{270}	40.27^{c}	34.82^{b}	27.00^{c}	23.97^{bcd}	72.68^{bc}	1.15^{abc}	6.33^{b}	59.10^{a}	52.51

* در هر ستون هر یک از تیمارها، حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

* In each column, each data followed by the same letters indicate no significant difference in the level of 5% by Duncan's multiple range test

N_0، N_{90}، N_{180} و N_{270} به‌ترتیب نشان‌دهنده مصرف ۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم N در هکتار است.

N_0, N_{90}, N_{180} and N_{270} are 0, 90, 180 and 270 kg N per ha^{-1}, respectively.

برهم‌کنش آرایش کاشت×نیتروژن نشان داد که بیشترین عملکردهای کل و قابل فروش از آرایش کاشت یک‌طرفه و مصرف 180 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به‌دست آمد، درحالی‌که کمترین این عملکردها از تیمار آرایش کاشت دوطرفه و بدون مصرف کود نیتروژن به‌دست آمد (جدول 6). بیشترین عملکرد کل به‌میزان 54/08 تن در هکتار و کمترین عملکرد کل به‌میزان 26/10 تن در هکتار بود، نسبت کاهش کمترین عملکرد نسبت به بیشترین عملکرد در حدود 48 درصد می‌باشد.

تعداد میوه کل و قابل فروش در گیاه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو مکان آزمایش نشان داد که اثر مکان و برهم‌کنش آرایش کاشت در نیتروژن تنها بر تعداد میوه کل در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. اثر آرایش کاشت بر تعداد کل و قابل فروش میوه به‌ترتیب در سطوح یک و پنج درصد معنی‌دار گردید، هم‌چنین اثر نیتروژن روی صفات تعداد میوه کل و قابل فروش در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول 3). بیشترین تعداد کل میوه از منطقه بنداروز با 24/48 عدد به‌دست آمد. آرایش کاشت یک‌طرفه در هر دوی این صفات برتری نشان داد. با افزایش مقدار نیتروژن تا 180 کیلوگرم در هکتار، تعداد میوه کل و قابل فروش افزایش یافت و با مصرف بیشتر کود به‌میزان 270 کیلوگرم در هکتار این تعداد کاهش یافت. بیشترین تعداد میوه به‌میزان 36/57 از تیمار کاشت یک‌طرفه و مصرف180 کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین تعداد با 16/05 از کاشت دوطرفه و بدون مصرف کود نیتروژن به‌دست آمد که این یافته با نتایج شارما (Sharma, 2007) هم‌خوانی دارد.

وزن تک‌میوه گوجه‌فرنگی

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که تنها اثر مکان روی وزن تک‌میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). نتایج تجزیه واریانس ساده نشان داد که اثرات ساده آرایش کاشت و نیتروژن تنها در سعدآباد روی وزن میوه در سطح پنج درصد اثر معنی‌دار داشت (جدول 5). بیشترین وزن میوه با 106/46 گرم در بنداروز و کمترین میزان (48/45 گرم) در سعد آباد به‌دست آمد (جدول 6). به‌طور کلی، وزن تک‌میوه بیشتر در روش کشت یک‌طرفه نسبت به کشت دوطرفه می‌تواند به کارآیی مصرف نیتروژن بیشتر در کشت یک‌طرفه ارتباط داشته باشد.

شاخص شکل میوه (نسبت طول به قطر میوه)

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو مکان آزمایش نشان داد که تنها اثرات مکان و سطوح نیتروژن بر شاخص شکل میوه به‌ترتیب در سطوح پنج و یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول 3). بیشترین و کمترین مقدار این صفت به‌ترتیب از مناطق سعدآباد و بنداروز به‌میزان 1/16 و 1/09 به‌دست آمد. در بین سطوح نیتروژن بیشترین شاخص شکل میوه از مصرف 180 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن خالص در هکتار به‌میزان 1/18 به‌دست آمد. مصرف 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به شاهد موجب افزایشی در حدود 8/3 درصد شد. اگرچه اثر آرایش کاشت بر این صفت معنی‌دار نبود، ولی در کاشت دوطرفه که فاصله بین بوته 50 سانتی‌متر و بیشتر از فاصله بین بوته در کاشت یک‌طرفه (40 سانتی‌متر) بود، شاخص شکل میوه بیشتری به‌دست آمد. در فواصل کمتر بین بوته، شاخص شکل میوه کاهش یافت که ممکن است به رقابت بین اندام‌های گیاهی و زایشی نسبت داده شود و در نتیجه می‌تواند به کاهش اندازه میوه کمک کند. این نتیجه با نتایج ممنوعی و دولتخواهی (Mamnoie & Dolatkhahi, 2013) هم‌خوانی دارد.

شاخص کلروفیل (عدد کلروفیل‌متر)

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو مکان آزمایش نشان داد که اثرات مکان و سطوح نیتروژن بر شاخص کلروفیل در سطح یک درصد و اثر برهم‌کنش آرایش کاشت در نیتروژن در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 3). در بین سطوح نیتروژن بیشترین میزان عدد کلروفیل‌متر از مصرف 270 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در هکتار به‌میزان 58/16 و کمترین مقدار از تیمار عدم مصرف کود به‌میزان 39/53 به‌دست آمد. هم‌چنین در مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش اثرات آرایش کاشت در کود نیتروژن مشاهده شد که بیشترین مقدار از کاشت دوطرفه و مصرف کود 270 کیلوگرم در هکتار به‌میزان 59/1 و کمترین مقدار از کاشت دوطرفه و بدون مصرف کود به‌میزان 38/05 به‌دست آمد (جدول 6). در تحقیق حاضر مشاهده شد که به‌طور کلی، تیمارهایی که بیشترین شاخص کلروفیل (عدد کلروفیل‌متر) را داشتند، دارای عملکردهای بالاتری نیز بودند، اگرچه بیشترین عدد قرائت شده کلروفیل‌متر به مصرف 270 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن تعلق داشت، ولی عملکردهای کل حاصل از

تیمارهای 180 و 270 از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول 6). مطالعات برخی از محققان نیز نشان داد که به‌طور کلی با افزایش شاخص کلروفیل، عملکرد نیز افزایش یافت (Freitas et al., 2018; Souza et al., 2016).

سفتی میوه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو مکان آزمایش نشان داد که اثرات آرایش کاشت، نیتروژن و برهم‌کنش آن‌ها روی سفتی میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). بیشترین سفتی میوه از کاشت دوطرفه با کاربرد 90 کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌میزان 7/17 پوند و کمترین سفتی میوه از کاشت یک‌طرفه با کاربرد 180 کیلوگرم در هکتار نیتتروژن در هکتار به‌میزان 4/52 پوند به‌دست آمد. نتایج به‌دست آمده در توافق با نتایج رسول و حبیب (Rasool & Habeeb, 2016) است که گزارش کردند با افزایش مقدار نیتروژن سفتی میوه کاهش یافت. نیتروژن نقش مهمی در بیوسنتز آنزیم‌های گیاهی مانند پروپکتیناز دارد، این آنزیم مواد پکتینی را تجزیه کرده و سفتی میوه را کاهش می‌دهد.

کارآیی مصرف نیتروژن

به‌طور کلی در تمامی سطوح مصرف نیتروژن و برهم‌کنش آرایش کاشت×سطوح نیتروژن، کارآیی مصرف نیتروژن با افزایش مصرف کود نیتروژن کاهش یافت (جدول 6). در بین سطوح مختلف نیتروژن با افزایش مصرف کود از 90 به 270 کیلوگرم در هکتار، کارآیی مصرف نیتروژن در حدود 61 درصد کاهش یافت. هم‌چنین در بررسی برهم‌کنش آرایش کاشت و سطوح نیتروژن مشاهده شد که درکشت یک‌طرفه و دوطرفه با افزایش مصرف کود از 90 به 270 کیلوگرم در هکتار، کارآیی مصرف نیتروژن به‌ترتیب در حدود 70 و 34 درصد کاهش یافت. ممکن است علت این روند در ارتباط با محدودیت جذب و ظرفیت‌های مخزن به‌دلیل واکنش اشباع باشد (Badr et al., 2016). میانگین کارآیی مصرف نیتروژن در منطقه بنداروز و سعدآباد به‌ترتیب 142/73 و 75/96 کیلوگرم بر کیلوگرم نیتروژن بود. روش‌های کاشت یک‌طرفه و دوطرفه به‌ترتیب با 148/27 و 70/42 کیلوگرم بر کیلوگرم نیتروژن بیشترین و کمترین کارآیی مصرف نیتروژن را نشان دادند. کارآیی مصرف نیتروژن به‌میزان زیادی به‌وسیله مقدار نیتروژن تأثیر پذیرفت و بیشترین مقدار کارآیی مصرف نیتروژن از کمترین میزان نیتروژن به‌دست آمد، این امر نشان داد که کارآیی مصرف نیتروژن نسبت معکوسی با مقدار نیتروژن مصرف شده داشت. نتایج این پژوهش با نتایج آئوجلا و همکاران (Aujla et al., 2007) بدر و همکاران (Badr et al., 2016)، و زوتارلی و همکاران (Zotarelli et al., 2009) هم‌خوانی دارد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این تحقیق بیانگر آن بود که آرایش کاشت یک‌طرفه نسبت به دوطرفه بر تمامی صفات به‌جز سفتی میوه برتری داشت. هم‌چنین عملکرد گوجه‌فرنگی تغییرات بیشتری در سطوح تیماری نیتروژن نسبت به سطوح تیماری آرایش کاشت، داشت. به نظر می‌رسد در مناطق خشک به‌دلیل پایین بودن نیتروژن قابل استفاده خاک، کاربرد نیتروژن تأثیر زیادی بر عملکرد و کارآیی مصرف نیتروژن دارد و لازم است این موضوع مورد توجه قرار بگیرد. این نتایج نشان داد که آزمایش آرایش‌های کاشت متفاوت با سطوح متفاوت نیتروژن برای دستیابی به حداکثر عملکرد در روش آبیاری قطره‌ای نواری با توجه به نوع محصول ضروری است. تغییر روش کاشت به یک‌طرفه و مصرف 180 کیلوگرم نیتروژن نسبت به کاشت دوطرفه بدون مصرف نیتروژن، عملکرد را به‌میزان 107 درصد افزایش داد. بیشترین عملکرد کل و قابل فروش و هم‌چنین تعداد میوه در بوته از تیمار کاشت یک‌طرفه با مصرف کود 180 کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد و این تیمار جهت دستیابی به بهترین عملکرد رقم کارون در استان بوشهر توصیه می‌شود.

References

Adel, M., Amiri, M.E., and Nejatian, A., 2016. Effect of salicylic acid and chelated magnesium sulfate on fruit quality improvement (physical characteristics) in Pear cv. Louise Bonne, Journal of Horticultural Science 30(1): 133-140.

Adigun, J.A., Daramola, O.S., Adeyemi, O.R., Olorunmaiye, P.M., and Osipitan, O.A., 2018. Nitrogen and weed

management in transplanted tomato in the Nigerian forest-savanna transition zone. Annals of Agrarian Science 16(3): 281-285.

ASCY (Agricultural Statistics of the Crop Year)., 2018. Ministry of Agriculture. Press, 116p. (In Persian)

Asgedom, S., Struik P.C., Heuvelink, E., and Araia, W., 2011. Opportunities and constraints of tomato production in Eritrea. African Journal of Agricultural Research 6(4): 956-967.

Aujla, M.S., Thind, H.S., and Buttar, G.S., 2007. Fruit yield and water use efficiency of eggplant (*Solanum melongema* L.) as influenced by different quantities of nitrogen and water applied through drip and furrow irrigation. Scientia Horticulturae 112(2): 142-148.

Azevedo, V.F., Abboud, A.C.S., and Carmo, M.G.F., 2010. Row spacing and pruning regimes on organically grown cherry tomato. Horticultura Brasileira 28: 389-394.

Badr, M.A., El-Tohamy, W.A., and Zaghloul, A.M., 2012. Yield and water use efficiency of potato grown under different irrigation and nitrogen levels in an arid region. Agricultural Water Management 110: 9-15.

Badr, M.A., Abou-Hussein, S.D., and El-Tohamy, W.A., 2016. Tomato yield, nitrogen uptake and water use efficiency as affected by planting geometry and level of nitrogen in an arid region. Agricultural Water Management 169: 90-97.

Behzadi, B., and Rakhshanderoo, M., 2014. Determination of the best planting pattern of drip-tape irrigated tomatoes. Seed and Plant Production Journal 30(4): 389-400. (In Persian with English Summary)

Cetin, O., and Uygan, D., 2008. The effect of drip line spacing, irrigation regimes and planting geometries of tomato on yield, irrigation water use efficiency and net return. Agricultural Water Management 95: 949- 958.

Chernet, S., Belay, F., Tekle, G., Kahsay, Y., Weldu, N., and Zerabruk, G., 2017. Response of yield and yield components of tomato (*Solanum lycopersicon* L.) to different inter and intra-row spacing at Merebleke, Northern Ethiopia. African Journal of Agricultural Research 12(33): 2614-2619.

Food and Agriculture Organization (FAO)., 2017. Statistics: FAOSTAT agriculture. Available at: http://fao.org/crop/statistics.

Food and Agriculture Organization (FAO)., 2019. Statistics: FAOSTAT agriculture. Available at: http://fao.org/crop/statistics.

Faraji, F., Esfahani, M., Kavoosi, M., Nahvi, M., and Rabiei, B., 2011. Effect of nitrogen fertilizer application on grain yield and milling recovery of rice (*Oryza sativa cv*. Khazar). Iranian Journal of Crop Sciences 13(1): 61-77. (In Persian with English Summary)

Freitas, D.C.D., Bonfim-Silva, E.M., Schlichting, A.F., and Guimaraes, S.L., 2018. Nitrogen and potassium fertilization on the development and chlorophyll index of irrigated wheat in the Cerrado, central Brazil. Australian Journal of Crop Science 12(1): 44-50.

Gardner, F.P., Pearce, R.B., and Mitchell, R.L., 1985. Mineral nutrition. Physiology of Crop Plants. Iowa State Univ. Press, Ames., USA.

Ghasemi, A., Ghanbari, A., Fakheri, B.A., and Fanaie, H.R., 2016. Effect of different fertilizer resources on yield and yield components of grain maize (*Zea mays* L.) influenced by tillage managements. Journal of Agroecology 7(4): 499-512. (In Persian with English Summary)

Hartz, T.K., and Bottoms, T.G., 2009. Nitrogen requirements of drip-irrigated processing tomatoes. HortScience 44(7): 1988-1993.

Jaynes, D.B., Kaspar, T.C., and Colvin, T.S., 2011. Economically optimal nitrogen rates of corn. Management zones delineated from soil and terrain attributes. Agronomy Journal 103: 1026–1035.

Kanwar, H.S., 2016. Effect of plant geometry and training on seed quality and benefit: cost ratio in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seed production. International Journal of Agriculture Sciences 8(44): 1881-1884.

Liang, L., Ridoutt, B.G., Lal, R., Wang, D., Wu, W., Peng, P., Hang, S., Wang, L., and Zhao, G., 2019. Nitrogen footprint and nitrogen use efficiency of greenhouse tomato production in North China. Journal of Cleaner Production 208: 285-296.

Maerere, A.P., Sibuga, K.P., Mwajombe, K.K., Kovach, J., and Erbaugh, M., 2006. Baseline survey report of tomato production in Mvomero district-Morogoro region, Tanzania. Faculty of Agriculture, Sokoine University of Agriculture, Morogoro: 1-31.

Malakouti, M.J., and. Homaee, M., 2003. Soil fertility in arid and semiarid regions “Problems and Solutions. Tarbiat Modarres University Publications. Tehran, Iran. 488pp. (In Persian)

Mamnoie, E., and Dolatkhahi, A., 2013. Plant spacing and cultivar affects yield components, qualitative traits and early ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Notulae Scientia Biologicae 5(4): 494-498.

Muhammad, A., and Singh, A., 2007. Intra-row spacing and pruning effects on fresh tomato yield in Sudan Savanna of Nigeria. Journal of Plant Science 2(2): 153-161.

Mueller, N.D., Gerber, J.S., Johnston, M., Ray, D.K., Ramankutty, N., and Foley, J.A., 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. Nature 490(7419): 254-257.

Rasool, I.A., and Habeeb, S.T., 2016. The role of spraying nitrogen on growth and nutritional value of fruits in different tomato genotypes. The Iraqi Journal of Agricultural Science 47(7): 82-90.

Sharma, S., 2007. Effect of different nitrogen levels and plant spacing on growth yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*) variety- Kanchan. Department of Horticulture, Jawaharlal Nehru Krishi Vishwa Vidyalaya, Jabalpur College of Agriculture Gwalior.

Sharratt, B.S., and McWilliams, D.A., 2005. Microclimatic and rooting characteristics of narrow row versus conventional row corn. Agronomy Journal 97(4): 1129-1135.

Shokrallah, F.S., Hajiloo, J., and Zare, N.F., 2016. Effect of polyamines on storage life of plum fruit cv. Shablon. Iranian Journal of Horticultural Sciences 46(4): 649-658. (In Persian with English Summary)

Souza, I.A., Ribeiro, K.G., Rocha, W.W., Araújo, S.A.C., Pereira, O.G., and Cecon, P.R., 2016. Forage mass, chemical composition and leaf chlorophyll index of signal grass and organic matter in soil under increasing levels of nitrogen. Semina: Ciências Agrárias, Londrina 37(3): 1505-1514.

Seyyedi, M., and Rezvani Moghaddam, P., 2011. Study yield, its components and nitrogen use efficiency using of compost mushroom, biological and urea fertilizer in wheat. Journal of Agroecology 3(3): 313-323. (In Persian with English Summary)

Tavakkoli Kakhki, H.R., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Beheshti, A., 2018. Evaluation of nitrogen use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.) cropping systems of Iran. Journal of Agroecology 10(3): 699-718. (In Persian with English Summary)

Van Dam, B., Goffau, M.D., van Lidt de Jeude, J., and Naika, S., 2005. Cultivation of tomato: production, processing and marketing. Agromisa Foundation and CTA Publications, Agricultural University of Wageningen, Netherlands.

Wang, H., Li, J., Cheng, M., Zhang, F., Wang, X., Fan, J., Wu, L., Fang, D., Zou, H., and Xiang, Y., 2019. Optimal drip fertigation management improves yield, quality, water and nitrogen use efficiency of greenhouse cucumber. Scientia Horticulturae 243: 357-366.

Xing, Y., Zhang, F., Wu, L., Fan, J., Zhang, Y., and Li, J., 2015. Determination of optimal amount of irrigation and fertilizer under drip fertigated system based on tomato yield, quality, water and fertilizer use efficiency. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering 31: 110-121.

Yan, F., Zou, Z., Dong, J., Li, J., Zhang, Z., Wang, Y., and Yang, J., 2009. Effects of different fertilization treatment on yield and quality of cucumber in plastics greenhouse. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica 5: 272-275.

Yue, W., Zhang, F., Li, Z., Zou, H., and Gao, Y., 2015. Effects of water and nitrogen coupling on nitrogen uptake of muskmelon and nitrate accumulation in soil. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery 46(2): 88-119.

Zotarelli, L., Dukes, M.D., Scholberg, J.M.S., Munoz-Carpena, R., and Icerman, J., 2009. Tomato nitrogen accumulation and fertilizer use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. Agricultural Water Management 96(8): 1247-1258.

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 71-85

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 85-71

Effect of Planting Pattern and Different Nitrogen Levels on Nitrogen Use Efficiency, Yield and Yield Components of Tomato (*Solanum lycopersicum* L. var. Karoon)

B. Behzadi[1], A. Biabani[2*], M. Zolfi Bavariani[3], A. Rahemi Karizaki[4] and H. Hosseini Moghadam[4]

Submitted: 23-03-2019
Accepted: 15-05-2019

Behzadi, B., Biabani, A., Zolfi Bavariani, M., Rahemi Karizaki, A., and Hosseini Moghadam, H., 2020. Effect of planting pattern and different nitrogen levels on yield and yield components of tomato (*Solanum lycopersicum* L. var. Karoon) Journal of Agroecology. 12(1): 71-85.

Introduction

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is a warm season crop that originated in South America. Tomatoes have significant nutritional value. In recent years, they have become known as an important source of lycopene, which is a powerful antioxidant that acts as an anticarcinogen. They also provide vitamins and minerals and serve as an important source of nutrients in contemporary diets due to readily available fresh fruit and processed products, their popularity, and the sheer volume consumed. Among the various factors affecting plant growth, optimum planting pattern plays an important role in preventing plant competition and poor fruit formation. Tomatoes can be planted in one of many different arrangements that provide adequate space for plant growth. Optimum use of nitrogen is one of the most important agricultural management factors in achieving proper performance in arid areas. Nitrogen use efficiency is greatly influenced by nitrogen levels and has an inverse relationship with the amount of nitrogen applied. The aim of this study was to investigate the effect of planting pattern (single row and twin row) and nitrogen levels on yield, yield components and nitrogen use efficiency of tomato cv. Karoon under arid region.

Materials and Methods

Two experiments were carried out at Bondarooz and Saad Abad agricultural research stations in Bushehr Province during 2017-18 to determine the best planting pattern and nitrogen fertilizer application on yield and its components of tomato cv. Karoon. The design was conducted as split plot layout based on a randomized block design with three replications. The main plot included plant pattern treatments in two levels (single row and twin row) and subplot included nitrogen treatments in four levels (no fertilizer, 90, 180 and 270 $kg.ha^{-1}$). The studied traits included total fresh fruit yield, marketable fruit yield, total and marketable fruit per plant, fruit weight, fruit shape index, fruit hardness, chlorophyll index, and nitrogen use efficiency. For statistical analysis, analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test (DMRT) were performed using SAS ver. 9.1 software.

Results and Discussion

The results showed that the effect of region, planting pattern and nitrogen levels on the traits of total and marketable was significant at 1% probability level. The interaction effects of planting pattern and nitrogen levels

1- Ph.D. Student of Agronomy, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran, and Researcher of Horticulture Crops Research Department, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bushehr, Iran.
2 and 4- Associated Professor and Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran, Respectively.
3- Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bushehr, Iran.
(*- Corresponding author Email: abs346@yahoo.com)
Doi:10.22067/jag.v12i1.79832

on total fruit yield, marketable fruit yield, total number of fruits, chlorophyll index and fruit hardness were significant. The highest and the lowest total and marketable yields were obtained from single row planting method and application of 180 kg net nitrogen per hectare (54.08 and 46.50 $t.ha^{-1}$) and twin row planting with non-application of nitrogen fertilizer (26.10 and 21.72 $t.ha^{-1}$), respectively. The maximum number of fruits was 36.57 from single row planting and 180 kg Nitrogen fertilizer and the lowest number was 16.15 from twin row planting and without nitrogen fertilizer application. One of the reasons for this superiority can be the lower plant space in single row planting rather than twin row planting. The results of combined analysis of variance showed that only place effect on single fruit weight was significant at 1% probability level. The treatments with the highest chlorophyll index also had higher yields. Generally at all levels of nitrogen applications and interaction between planting pattern and nitrogen levels, nitrogen use efficiency decreased with increasing nitrogen fertilizer application. It may be related to limitation in uptake and sink capacities resulting in a saturation response. In Saad abad, simple effects of planting pattern and nitrogen on fruit weight had a significant effect at 5% probability level.

Conclusion

Single row planting was superior to twin row planting on all traits except fruit hardness. Nitrogen in arid regions can be considered as one of the most important factors affecting the performance and efficiency of nitrogen use. Single row planting and 180 kg Nitrogen application compared to a twin row planting without nitrogen increased the yield by 107%.

Keywords: Chlorophyll index, Fruit number, Single row planting, Twin row planting